



Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie

47 | 2012

Diderot et les spectacles

À propos des relations entre savoirs théoriques et pratiques dans l'*Encyclopédie* : le cas du problème de la résistance des fluides et de ses applications

Alexandre Guilbaud



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/rde/4948>

DOI : 10.4000/rde.4948

ISSN : 1955-2416

Éditeur

Société Diderot

Édition imprimée

Date de publication : 30 septembre 2012

Pagination : 207-242

ISBN : 978-2-9520898-5-2

ISSN : 0769-0886

Référence électronique

Alexandre Guilbaud, « À propos des relations entre savoirs théoriques et pratiques dans l'*Encyclopédie* : le cas du problème de la résistance des fluides et de ses applications », *Recherches sur Diderot et sur l'Encyclopédie* [En ligne], 47 | 2012, document 16, mis en ligne le 09 octobre 2012, consulté le 06 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/rde/4948> ; DOI : 10.4000/rde.4948

Propriété intellectuelle

Alexandre GUILBAUD

À propos des relations entre savoirs théoriques et pratiques dans l'*Encyclopédie* : le cas du problème de la résistance des fluides et de ses applications

« Pour peu qu'on ait réfléchi sur la liaison que les découvertes ont entre elles, il est facile de s'apercevoir que les Sciences & les Arts se prêtent mutuellement des secours, & qu'il y a par conséquent une chaîne qui les unit » (*Enc.*, I, i). Cette phrase si souvent citée du « Discours préliminaire » de D'Alembert semble répondre à l'un des principaux vœux de l'historien désireux de procéder à une étude de l'état des relations entre théorie et pratique au milieu du XVIII^e siècle : celui de voir apparaître dans un même corpus les liens existant à cette époque entre sciences et arts, savoirs spéculatifs et savoirs pratiques. L'étude que je propose ici vise à confronter ce projet de Diderot et D'Alembert à sa réalisation concrète dans les dix-sept volumes de textes de l'*Encyclopédie*, sur un sujet en prise directe avec la question des relations entre théorie et pratique : le problème de la résistance des fluides et ses applications¹.

Rappelons² que le problème consistant à déterminer la résistance des fluides au mouvement des corps solides fait son entrée dans le domaine théorique à la fin du XVII^e siècle avec la formulation, dans les *Philosophiae naturalis principia mathematica* (1687) d'Isaac Newton,

1. Je remercie Gérard Grimberg pour les échanges que nous avons eus sur ce sujet à l'occasion de notre exposé commun dans le cadre du colloque «... in duplicata ratione velocitatis – Fluid Resistance from Newton to the Present» qui s'est tenu à l'Université Pierre et Marie Curie les 29 et 30 octobre 2010.

2. Voir Julian Simon Calero, *The Genesis of Fluid Mechanics 1640-1780, Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 22, Springer, 2008 et Larrie D. Ferreiro, *Ships and Science*, The MIT Press, 2007.

d'une première loi théorique (dite loi ordinaire de résistance, ou loi du choc ou de l'impulsion) selon laquelle la résistance éprouvée dépend de l'élément de surface du corps sur lequel elle s'exerce, de la densité du fluide ainsi que du carré de sa vitesse et du sinus de son angle d'incidence. Sitôt énoncée, sitôt appliquée : l'utilisation conjuguée de cette loi et du calcul différentiel et intégral doit par ailleurs, selon Newton, permettre de déterminer mathématiquement la forme des corps éprouvant une résistance minimale et, ce faisant, faire espérer des progrès dans le domaine de l'architecture navale...

La question de l'application à la pratique s'impose de fait très rapidement comme l'un des principaux enjeux du problème et la loi newtonienne ne tarde donc pas à faire l'objet de multiples recherches théoriques au cours de la première moitié du XVIII^e siècle, dont la plupart concerne plusieurs champs d'application particulièrement cruciaux d'un point de vue économique, militaire et social à cette époque : l'artillerie, l'hydraulique et la marine. Malgré les efforts déployés en ce sens par le monde savant, la dynamique ainsi initiée doit cependant faire face à plusieurs obstacles.

Le premier tient à la haute difficulté théorique du problème. Les nombreuses expériences réalisées sur le sujet dans les premières décennies du XVIII^e siècle, à commencer par celles rapportées dans les trois éditions des *Principia*, conduisent en effet à des divergences persistantes avec les résultats attendus d'après la loi de Newton. Quant au processus de construction théorique de l'hydrodynamique mené par Daniel Bernoulli, Jean Bernoulli, D'Alembert et Euler sur la période 1730-1760, il permet d'aboutir à des équations aux dérivées partielles qui résistent cependant à toute méthode de résolution, privant ainsi les savants d'espérer parvenir, par la voie de l'analyse mathématique, à la formulation d'une nouvelle loi de résistance. Comme le note J. S. Calero³, et comme en témoignent les deux ouvrages théoriques majeurs publiés à la fin de la décennie 1740 en matière de science navale, le *Traité du navire* de Bouguer (1746) et la *Scientia navalis* d'Euler (1749), les travaux théoriques à visée pratique en matière de résistance des fluides se voient contraints de s'accommoder d'une situation bien paradoxale : quoique personne ne croit plus sérieusement au bien-fondé de la théorie newtonienne, tous les théoriciens continuent néanmoins à utiliser la loi qui en découle, faute de mieux. La principale issue raisonnable réside dès lors dans la conduite d'expériences plus précises, telles que celles présentées par Benjamin Robins dans ses *New Principles of Gunnery* (1742) concernant la loi de résistance de l'air sur les projectiles.

3. Julian Simon Calero, *The Genesis of Fluid Mechanics 1640-1780*, 2008, p. 52.

Le second obstacle à surmonter en matière d'application de la théorie dans le domaine pratique réside dans le gouffre qui sépare alors l'univers des savants (pour la plupart académiciens) de celui des praticiens⁴. Cet enjeu nécessite, au XVIII^e siècle, de prendre en compte la transformation du statut et du champ de compétences de l'ingénieur, susceptible d'établir des passerelles entre deux mondes qui ne parlent pas la même langue. Ce processus complexe qui, comme le souligne H. Vérin⁵, implique notamment la délimitation, dans un temps propre à chaque domaine, de champs de connaissances, de méthodes et de techniques spécifiques – ce que nous pourrions appeler les « sciences de l'ingénieur », en référence au titre de l'ouvrage publié par Bélidor en 1729 –, connaît un certain frémissement autour du milieu du siècle dans les trois domaines d'application potentiels du problème de la résistance des fluides. Je pense par exemple à la création, en 1741, d'un embryon d'école d'ingénieurs constructeurs de la marine par Henri Louis Duhamel du Monceau, destiné à renforcer la formation scientifique des inspecteurs de construction des navires dans les ports, ainsi que la publication, par ce dernier, d'*Éléments de l'architecture navale* (1752) spécialement rédigés à leur attention. Je pense également à l'*Architecture hydraulique* (1737-1753) de l'ingénieur Bernard Forest de Bélidor, qui constituera le principal manuel d'hydraulique enseigné dans les différentes écoles du royaume jusqu'à la publication par Bossut, en 1771, de son *Traité élémentaire d'hydrodynamique*, à l'adresse des élèves de l'École royale du génie de Mézières (fondée en 1748). Quoique Duhamel du Monceau se montre nettement plus réfractaire que Bélidor à l'idée d'avoir recours « aux principes de Mathématique », les deux ouvrages, destinés aux praticiens⁶, partagent l'objectif commun de « faciliter l'intelligence des sublimes spéculations » de la théorie et de « mettre en état de faire une application précise des règles » que les savants ont établies.

La coexistence de ces enjeux théoriques et sociaux conditionne bien sûr pour une large part la possibilité de faire dialoguer savoirs spéculatifs et savoirs pratiques et, par là même, l'existence de la « chaîne » censée unir les sciences et les arts concernés par le sujet, ainsi que le

4. Les praticiens, qui peuvent être artisans, militaires ou ingénieurs, renvoient ici à une catégorie d'acteurs aux frontières mouvantes au XVIII^e siècle.

5. Hélène Vérin, *La gloire des ingénieurs – L'intelligence technique du XVI^e au XVIII^e siècle*, Paris, Albin Michel, 1993. Voir en particulier les chapitres V à VII.

6. Dans l'*Architecture hydraulique*, Bélidor s'adresse aux « praticiens » (préface, p. ij et iv) versés dans l'« art de conduire, d'élever et de ménager les eaux ». Duhamel du Monceau destine quant à lui son traité « purement pratique, & même élémentaire » d'architecture navale à « l'instruction des jeunes gens » désireux d'apprendre la construction (préface, p. i-ij).

présuppose D'Alembert dans le « Discours préliminaire » de l'*Encyclopédie*. Il paraît dès lors intéressant de procéder à une étude précise des différents domaines en présence ainsi que des différents types de savoirs et de savoir-faire mobilisés dans le corps de l'ouvrage sur la question du problème de la résistance des fluides et de ses applications, puis de tenter de caractériser les liens qui les unissent et de circonscrire les frontières qui les séparent.

L'image que nous formerons ainsi des relations entre théorie et pratique dépendra bien sûr, pour une large part, des éléments attendant au processus de fabrication de l'*Encyclopédie*, qu'il s'agisse des différentes temporalités inhérentes à l'histoire mouvementée de l'entreprise, des différents auteurs recrutés et de leurs compétences, des contributions de D'Alembert et Diderot et de leurs interventions comme éditeurs, ou encore des limites attendant à la mise en œuvre d'un ordre encyclopédique présenté, dans le « Discours préliminaire », comme le seul moyen de faire apparaître « l'ordre et l'enchaînement des connoissances humaines » (*Enc.*, I, p. i). Il s'agira donc non seulement d'en confronter le résultat à ce que nous savons de l'état, particulièrement intéressant au milieu du XVIII^e siècle, des relations entre théorie et pratique relativement au problème de la résistance des fluides, mais aussi, et surtout, d'essayer de comprendre dans quelle mesure l'image obtenue dépend elle-même des contraintes éditoriales de l'aventure encyclopédique et des différents auteurs impliqués.

Je commencerai, pour ce faire, par quelques rappels et remarques préliminaires concernant la présentation générale des sciences et des arts dans l'ouvrage ainsi que les différents moyens (ceux de l'ordre encyclopédique) utilisés pour faire voir les liaisons qu'ils entretiennent. Je passerai ensuite à la constitution, à la description et à l'étude du corpus d'articles abordant le problème de la résistance des fluides et la question de ses applications.

*Sciences et arts dans l'Encyclopédie :
quelques rappels et remarques préliminaires*

Le projet de l'*Encyclopédie ou Dictionnaire raisonné des sciences, des arts et des métiers*, tel qu'explicité par Diderot dans le *Prospectus* de 1750 puis par D'Alembert dans le « Discours préliminaire » (publié au début du premier volume en 1751), consiste à concilier deux logiques dans un même ensemble : celle d'un dictionnaire, via le classement par ordre alphabétique des articles, et celle de l'ordre encyclopédique, qui doit justement permettre de « s'apercevoir que les Sciences et les Arts se prêtent mutuellement des secours » (*Enc.*, I, i). Compte tenu de ses

domaines d'application potentiels, le sujet de la résistance des fluides paraît susceptible d'être abordé sous deux angles différents, celui des sciences et celui des arts : tels sont les deux versants, idéalement liés l'un à l'autre, d'une chaîne de connaissances appliquées dans l'*Encyclopédie*. Nous serons ainsi susceptibles de rencontrer à la fois la balistique (théorie du jet des bombes) et l'art de jeter les bombes, l'hydrodynamique (science du mouvement des fluides) et l'hydraulique (l'art de conduire et d'élever les eaux), ou encore l'architecture navale et l'art de construire les navires.

L'objectif poursuivi par Diderot et D'Alembert s'appuie par ailleurs, comme on sait, sur un autre dessein, tout aussi essentiel à leurs yeux, celui de réhabiliter les arts et métiers : « On a trop écrit sur les Sciences », annonce le « Discours préliminaire », « pas assez bien écrit sur la plupart des Arts libéraux ; on n'a presque rien écrit sur les Arts mécaniques » (*Enc.*, I, xxxix). Les éditeurs annoncent avoir recouru aux ouvriers et artisans, s'être rendus dans les ateliers et reprochent à Ephraïm Chambers, dont la *Cyclopaedia, or an Universal Dictionary of Arts and Sciences* constitue l'une de leur principale source (rappelons en effet que l'*Encyclopédie* ne devait initialement en être qu'une simple traduction), de n'avoir pas pris cette peine. Or, précisent-ils, « un article omis dans un Dictionnaire commun le rend seulement imparfait. Dans une Encyclopédie, il rompt l'enchaînement, & nuit à la forme & au fond » (*Enc.*, I, xxv). La mise en ordre encyclopédique des connaissances, et par là même, la mise au jour des chaînes unissant sciences et arts, repose donc pour une bonne part sur la réhabilitation de ces derniers.

La réalisation concrète d'un tel réseau de liens entre arts et sciences se heurte cependant à plusieurs difficultés, dont il convient de se faire une première idée à partir de ce qu'il est désormais coutume d'appeler les « textes d'escorte » (*Prospectus*, « Discours préliminaire », « Avertissements », etc.) de l'*Encyclopédie*.

Rappelons de prime abord que la mise en place de l'ordre encyclopédique repose sur l'utilisation de trois principaux moyens : le « Système figuré des connaissances humaines », résultat d'une tentative de classification des savoirs inspirée de celle de Bacon et présentée sous la forme d'un arbre ramifié ; l'indication, aujourd'hui qualifiée de désignant, qui apparaît généralement en italique à la suite du titre de chaque article et correspond au nom dans l'arbre de la science (ou des sciences) à laquelle (auxquelles) ledit article se rapporte ; les renvois, pour finir, placés dans le contenu d'un grand nombre d'articles afin d'indiquer la liaison des matières.

Dans le cadre de leurs études respectives concernant les frontières de la physique, des sciences physico-mathématiques et de la mécanique

dans l'*Encyclopédie*, P. Crépel, A. Firode et I. Passeron⁷ ont d'ores et déjà montré que le système des désignants doit être utilisé avec la plus grande précaution : l'ordre encyclopédique n'est en fait que partiellement mis en place dans ces trois domaines relevant des « sciences de la nature », sans logique d'ensemble cohérente. Qu'en est-il à propos des sciences et des arts et de leur éventuelle classification par le biais des désignants et du « Système figuré » ?

Revenons, pour commencer, au « Discours préliminaire » et aux éclaircissements que D'Alembert donne à propos de ces deux termes. Considérant les connaissances humaines prises « toutes ensemble », il paraît selon lui possible d'en discerner plusieurs sortes :

les unes purement pratiques ont pour but l'exécution de quelque chose ; [...] d'autres simplement spéculatives se bornent à l'examen de leur objet, & à la contemplation de ses propriétés ; [...] enfin d'autres tirent de l'étude spéculative de leur objet l'usage qu'on en peut faire dans la pratique. La spéculation & la pratique constituent la principale différence qui distingue les *Sciences* d'avec les *Arts*, & c'est à-peu-près en suivant cette notion, qu'on a donné l'un ou l'autre nom à chacune de nos connoissances.⁸

La classification proposée pose bien sûr problème : si les connaissances « purement pratiques » peuvent être rangées parmi les arts, et celles « simplement spéculatives » parmi les sciences, que faire du dernier groupe, tirant « de l'étude spéculative de leur objet l'usage qu'on en peut faire dans la pratique » ? Il faut « avouer », précise-t-il dans la foulée, « que nos idées ne sont pas encore bien fixées sur ce sujet » et qu'on « ne sait souvent quel nom donner à la plupart des connaissances où la spéculation se réunit à la pratique » (*Enc.*, I, xij). D'Alembert pointe ici l'insuffisance de la nomenclature à sa disposition pour ce qui est de désigner les connaissances alliant pratique et spéculation, ce qui le pousse d'ailleurs quelques lignes plus loin à lancer un appel à déterminer « enfin la signification des mots d'une manière nette & précise ». Malgré tout, le flottement n'en persiste pas moins clairement dans la définition du terme d'art donnée dans le paragraphe suivant :

On peut en général donner le nom d'*Art* à tout système de connoissances qu'il est possible de réduire à des règles positives, invariables &

7. Les trois articles sont publiés dans le n° 41-42 de *RDE*, paru en 2006 et intégralement consacré à l'usage des désignants dans l'*Encyclopédie* : Pierre Crépel, « La "physique" dans l'*Encyclopédie* », p. 251-283 ; Alain Firode, « Les catégories de la mécanique dans l'*Encyclopédie* », p. 179-192 ; Irène Passeron, « D'Alembert refait le MONDE (*Phys.*) : parcours dans les mathématiques mixtes », p. 155-177.

8. Discours préliminaire, *Enc.*, I, xij.

indépendantes du caprice ou de l'opinion, & il seroit permis de dire en ce sens que plusieurs de nos sciences sont des arts, étant envisagées par leur côté pratique.⁹

Au-delà de la stricte question de la nomenclature, la difficulté éprouvée par D'Alembert fait singulièrement écho à la question, inhérente aux relations entre théorie et pratique à cette époque, sous l'angle de laquelle Hélène Vérin aborde l'histoire de l'ingénieur moderne : empruntant une remarque de Vial du Clairbois qui affirme, dans l'article *CONSTRUCTEUR (ingénieur)* de l'*Encyclopédie méthodique de Marine*, que ceux-ci « se trouvent placés où l'on ne s'étoit jamais avisés de mettre personne »¹⁰, la philosophe pose en effet la question de la transformation progressive des champs de connaissances et de compétences spécifiques de l'ingénieur en terme d'émergence d'une place nouvelle et particulière, dont les contours ne sont que progressivement délimités dans le courant du XVIII^e siècle¹¹. L'incapacité de D'Alembert à désigner des domaines alliant théorie et pratique pourrait ainsi témoigner du fait que ces domaines, en cours de constitution, n'ont justement pas encore trouvé leur place à l'heure de la rédaction de l'*Encyclopédie*.

C'est ce que semble confirmer l'étude qu'Hélène Vérin¹² donne à propos des différences apparaissant, pour ce qui concerne la place des domaines d'activité de l'ingénieur, dans la présentation du « Système figuré des connoissances humaines » et l'« Explication détaillée du système des connoissances humaines » respectivement publiés dans le *Prospectus* de 1750 et dans le premier volume de 1751. L'architecture navale et l'architecture militaire, initialement classées sous la branche de la morale et, ce faisant, des sciences de l'homme, passent en effet, dans le tome I, sous la branche des sciences de la nature, en tant que ramification de l'hydrodynamique (mathématiques/mathématiques mixtes/hydrodynamique) pour la première et de la géométrie élémentaire (mathématiques/mathématiques pures) pour la seconde. Ces glissements entre le « Système figuré » de 1750 et celui de 1751 formeraient autant d'hésitations illustrant l'embarras des deux éditeurs pour ce qui est de statuer sur la place à assigner aux sciences, aux arts et, surtout, aux domaines susceptibles de les faire dialoguer, ou interagir.

9. Discours préliminaire, *Enc.*, I, xij.

10. *Encyclopédie méthodique de Marine*, t. I, 1783, p. 449b-454b (la citation est extraite de la page 454a).

11. Hélène Vérin, *La gloire des ingénieurs*, op. cit., chap. V, p. 181-186.

12. Hélène Vérin, « Les arts, l'homme et la matière dans l'*Encyclopédie* », dans *La Matière et l'Homme dans l'Encyclopédie*. Actes du colloque de Joinville (10-12 juillet 1995), S. Albertan-Coppola et A.-M. Chouillet (éd.), Paris, Klincksieck, 1998, p. 275-287.

Compte tenu de ces incertitudes, il apparaît donc que l'arbre des connaissances et le système des désignants ne constituent pas des instruments permettant d'identifier *a priori* les articles ou réseaux d'articles relevant de la théorie, de la pratique, ou de l'application de l'une à l'autre. S'il ne s'agit pas de conclure à leur inutilité (ce qui serait faire fi du projet initial des deux éditeurs), il ne demeure pas moins nécessaire de les considérer avec prudence et de se rappeler qu'ils ne dispensent en aucun cas d'une analyse précise du contenu de chaque entrée pour qui souhaite caractériser la nature des savoirs mobilisés et discerner l'approche du savant de celle de l'ingénieur et du praticien.

En outre, les éditeurs sont eux-mêmes parfaitement conscients des limites incombant au projet qu'ils se sont assignés, ainsi qu'ils le confirment dans l'« Avertissement » du tome III de l'*Encyclopédie*¹³ :

L'empire des Sciences & des Arts est un palais irrégulier, imparfait, & en quelque maniere monstrueux, où certains morceaux se font admirer par leur magnificence, leur solidité & leur hardiesse ; où d'autres ressemblent encore à des masses informes ; où d'autres enfin, que l'art n'a pas même ébauchés, attendent le génie ou le hasard [...]. Nous tâcherons de réunir ces deux derniers objets, de tracer le plan du temple, & de remplir en même tems quelques vuides. Nous en laisserons beaucoup d'autres à remplir ; nos descendans s'en chargeront, & placeront le comble, s'ils l'osent ou s'ils le peuvent (*Enc.*, III, vj-vij).

Pour remplir ces « vuides », Diderot et D'Alembert ont deux principaux moyens à leur disposition. Le premier consiste à compléter, en tant qu'éditeurs, le contenu des articles de leurs confrères afin d'en combler les lacunes. Le second repose sur les renvois entre articles qui forment selon Diderot « la partie de l'ordre encyclopédique la plus importante » (*Enc.*, V, ENCYCLOPÉDIE, 642[bis]a) et constituent ainsi l'instrument privilégié pour faire apparaître la chaîne unissant les sciences et les arts dans le corps de l'ouvrage. Compte tenu du nombre de collaborateurs impliqués, de la diversité de leurs compétences et de leurs approches, ainsi que de la difficulté inhérente à l'immensité de la tâche que se sont fixés Diderot et D'Alembert, les limites du projet tiennent donc aussi aux conditions de sa mise en œuvre concrète.

La mise en relation des interventions d'éditeurs et des jeux des renvois avec l'étude du contenu des articles abordant le problème de la résistance des fluides doit finalement permettre d'établir une sorte de

13. De la même façon, D'Alembert prenait la peine de préciser, dans le « Discours préliminaire », « qu'il ne faut pas attribuer à notre Arbre encyclopédique plus d'avantage que nous ne prétendons lui en donner » (*Enc.*, I, xjx).

carte des relations entre différents types de savoirs théoriques et pratiques sur le sujet : une carte nécessairement imparfaite, parce qu'impliquant, d'une part, et de l'aveu même des éditeurs, des champs de connaissances aux frontières particulièrement poreuses et fluctuantes au milieu du XVIII^e siècle ; parce que dépendant nécessairement, d'autre part, des multiples contraintes attenant au processus de fabrique de l'ouvrage. Je chercherai par conséquent à déceler ces imperfections, à montrer ce qu'elles révèlent de l'état des relations entre théorie et pratique à cette époque et à déterminer dans quelle mesure elles constituent des éléments permettant de caractériser l'image, propre à l'*Encyclopédie*, que le travail concret, les conceptions respectives des éditeurs et des différents collaborateurs auront contribué à façonner sur la question de la résistance des fluides et de ses applications. Reste naturellement, pour ce faire, à constituer un corpus d'articles pertinent.

Constitution d'un corpus d'articles

Le caractère proprement thématique de cette étude impose de parvenir à rassembler l'ensemble des articles abordant le problème de la résistance des fluides dans l'*Encyclopédie*. J'ai, dans cette optique, établi une liste des termes les plus usités dans plusieurs ouvrages théoriques et pratiques du XVIII^e siècle pour désigner le phénomène correspondant (le tout en veillant à tenir compte des spécificités orthographiques de l'époque), à savoir « choc », « impulsion », « frottement » / « frotement » / « frotemens », « résistant » et « résistance », puis procédé à la recherche de leurs occurrences dans les dix-sept volumes de textes publiés entre 1751 et 1765, ce par le biais du moteur de recherche de l'édition électronique réalisée dans le cadre du projet ARTFL (ATILF-CNRS et Université de Chicago)¹⁴.

Si cette méthode fait espérer un résultat plus exhaustif qu'il ne le serait par quelque autre moyen, elle ne permet cependant pas de faire l'économie d'une première lecture de l'ensemble des résultats obtenus afin d'en exclure ceux dans lesquels l'apparition des termes recherchés ne serait que la manifestation d'une allusion ou sortirait des limites fixées par le cadre de l'étude – ce qui est par exemple le cas de l'ensemble des articles abordant la seule question de la résistance des corps solides. Couplée avec une première analyse des renvois et des désignants, cette seconde étape conduit non seulement au corpus désiré, celui des articles de l'*Encyclopédie* abordant explicitement le sujet de la résistance des fluides, mais

14. Cette édition électronique de l'*Encyclopédie*, réalisée sous la direction de R. Morrissey, est consultable à l'adresse <http://encyclopedia.uchicago.edu/>.

aussi à une strate d'entrées périphériques¹⁵ fort utile en ce qu'elle permettra à la fois, le moment venu, de situer le contenu de certains articles dans un contexte plus large à l'intérieur de l'ouvrage et de rétablir certaines chaînes de renvois – je pense par exemple à deux articles du corpus liés l'un à l'autre par l'intermédiaire d'un article n'en faisant pas partie.

Le corpus d'articles ainsi constitué rassemble vingt-quatre éléments que j'ai dès lors soumis à divers examens indispensables à toute étude dans l'*Encyclopédie*. Il s'agit d'abord de procéder à l'identification (parfois trompeuse) des auteurs en fonction des signatures trouvées et de repérer l'ensemble des éléments relevant de l'ordre encyclopédique. Il s'agit ensuite d'effectuer une comparaison minutieuse entre le contenu de chaque article et son éventuel correspondant dans la *Cyclopaedia* de Chambers (5^e édition, 1741-1743)¹⁶ afin de déterminer les articles ou extraits d'articles repris de la traduction française de cette encyclopédie et, ce faisant, délimiter les apports propres à chaque auteur – cette comparaison inclut aussi les renvois et désignants, déjà utilisés, comme on sait, par l'encyclopédiste anglais. Il est pour finir essentiel d'étendre cette recherche aux diverses autres sources utilisées par les auteurs concernés (extraits de leur propres travaux, de travaux d'autres auteurs, etc.).

J'ai rassemblé une importante partie du résultat de ces différentes opérations dans le tableau consultable ci-après. Celui-ci fait apparaître les vingt-quatre articles, classés par ordre alphabétique, et indique pour chacun d'eux : son nom, ses références, le (ou les) désignant(s) qui lui est (sont) attribué(s), le nom de son (ou de ses) auteur(s) (éventuellement complété par la mention (*Chambers*) lorsque celle-ci apparaît explicitement dans l'article), les renvois qu'il contient, ainsi que le nom de l'article de la *Cyclopaedia* lorsque la comparaison effectuée avec l'ouvrage de Chambers a confirmé que tout ou partie de ce dernier a été utilisé pour la

15. Sur la question de l'utilisation du moteur de recherche pour la constitution d'un corpus thématique, voir en particulier A. Cernuschi, « La question d'un découpage par matières : l'exemple du corpus musicographique de l'*Encyclopédie* », *RDE* 31-32, 2002, p. 161-167. Ce n° 31-32 des *RDE* rassemble plus généralement les actes du colloque *L'Encyclopédie en ses nouveaux atours électroniques : vices et vertus du virtuel*, organisé les 17 et 18 novembre 2000 à l'Université Paris 7.

16. Profitant de la récente mise en ligne (29 février 2012) de sa version numérisée sur le serveur *Google Books*, nous avons effectué cette comparaison sur la base de la cinquième édition de la *Cyclopaedia*, celle de Londres, dont les deux volumes paraissent respectivement en 1741 et 1743. Il semble que cette édition, identique à celle actuellement conservée à la Bibliothèque de l'Arsenal à Paris, soit probablement celle ou une de celles traduites par les encyclopédistes. Voir, à ce sujet : Yoichi Sumi, « De la *Cyclopaedia* à l'*Encyclopédie* : traduire et réécrire », dans *Sciences, musiques, Lumières, Mélanges offerts à Anne-Marie Chouillet*, Ferney-Voltaire, Centre international d'étude du XVIII^e siècle, 2002, p. 409-419, et Irène Passeron, « Quelle(s) édition(s) de la *Cyclopædia* les encyclopédistes ont-ils utilisée(s) ? », *RDE* 40-41, 2006, p. 287-292.

Article	Références	Désignant(s)	Auteur(s)	Renvoi(s)	Chambers
Aube	vol. I p. 863b-865a	<i>Hydraul.</i>	D'Alembert		
Balistique	vol. II, p. 38a-b	<i>Balistique</i>	D'Alembert	Projectile, Résistance	
Conduire les eaux	vol. III, p. 842b-843a	<i>Hydrauliq.</i>	d'Argenville		
Dépense	vol. IV, p. 859b-860a	<i>Hydraulique</i>	d'Argenville	Ajutage, Jets d'eau	
Descente ou chute	vol. IV, p. 874a-876a	<i>Mechanique</i>	D'Alembert	Pendule	Descent, <i>Fall</i>
Digue	vol. IV p. 1004b-1005a	<i>Hydr.</i>	d'Argenville D'Alembert	Fluide	
Effort ou résistance	vol. V, p. 410a	<i>Hydraulique</i>	d'Argenville		
Élévation	vol. V, p. 504b-505a	<i>Hydraulique</i>	d'Argenville		
Étranglement	vol. VI, p. 71a-b	<i>Hydr.</i>	d'Argenville		
Fleuve	vol. VI, p. 868a-874a	<i>Phys. & Geogr.</i>	D'Alembert	Fluide, Résistance des fluides	River
Fluide	vol. VI, p. 881a-890b	<i>Phys. & Hydrodyn.</i>	D'Alembert	Fontaine, Hydraulique, Hydrodynamique, Pompe, Résistance, Syphon	
Frottement	vol. VII p. 345b	<i>Hydr.</i>	d'Argenville	Pompe	
Gouvernail	vol. VII, p. 782a-783a	<i>Marine</i>	Bellin D'Alembert	Rame	
Jet d'eau	vol. VIII, p. 521a-b	<i>Hydraulique</i>	d'Argenville D'Alembert (Chambers)	Fluide	Jet d'eau
Jet	vol. VIII, p. 521b-527a	<i>Art militaire</i>	Le Blond		
Milieu	vol. X, p. 509b	<i>Mechan.</i>	[D'Alembert]	Résistance	Medium
Milieu éthéré	vol. X, p. 509b-510b	[<i>Mécanique</i>]	D'Alembert (Chambers)	Résistance	Subtil medium
Pendule	vol. XII, p. 293a-297b	<i>Mechanique</i>	Formey D'Alembert (Chambers)	Résistance	Pendulum
Projectile	vol. XIII, p. 437b-440a	<i>Mechanique</i>	D'Alembert (Chambers)	Balistique, Jet des bombes	Projectile
Résistance des fluides	vol. XIV, p. 175b-178a	[<i>Mécanique</i>]	D'Alembert	Balistique, Cohésion, Fluide, Milieu, Projectile, Vaisseau	Resistance <i>of fluids</i>
Résistance des eaux	vol. XIV, p. 178a	<i>Hydraul.</i>	d'Argenville		
Retardation	vol. XIV, p. 198b-199b	<i>Physique</i>	D'Alembert	Résistance	Retardation
Tube	vol. XVI, p. 732b-733a	<i>Phys.</i>	D'Alembert	Fluide, Fontaine, Frottement, Tuyaux	Tube
Tuyau, Proportion des	vol. XVI, p. 768b-769b	<i>Hydr.</i>	[d'Argenville]		

rédaction de son correspondant dans l'*Encyclopédie*¹⁷. Dans ce dernier cas, les éventuels renvois et désignants repris du dictionnaire anglais sont signalés en gras dans la liste établie à partir de l'article de l'*Encyclopédie* ; la ligne dédiée a de plus été grisée afin de rendre le phénomène plus visible à l'échelle du corpus. Précisons encore que je n'ai pas fait état de l'ensemble des renvois trouvés dans chaque article (la liste aurait été trop fastidieuse pour certains d'entre eux), mais que je me suis au contraire restreint à ceux pointant vers des éléments en rapport direct avec notre sujet. Les informations signalées entre crochets résultent, pour finir, d'un travail de déduction dont je m'efforcerai de donner le détail au fil de l'étude du corpus.

Premiers constats

Un premier examen d'ensemble montre que les vingt-quatre articles recouvrent un large panel de branches du savoir relevant à la fois des sciences mathématiques, de la physique et des trois principaux champs d'application du problème : l'art militaire, la marine et l'hydraulique. Les désignants révèlent néanmoins des écarts significatifs avec le « Système figuré des connoissances humaines » dans lequel l'art militaire n'apparaît tout simplement pas et où la marine, à défaut de mention explicite, se cache (en partie, bien sûr) derrière la seconde des deux ramifications « Navigation. Archit. Navale » de la branche hydrodynamique (la première correspondant à l'hydraulique). Signalons aussi l'ambiguïté liée à la présence du désignant abrégé « Hydr. », qui ne permet pas, en tant que tel, de faire la distinction entre l'hydrodynamique, la théorie du mouvement des fluides, et son pendant appliqué, l'hydraulique¹⁸.

Deux encyclopédistes se distinguent par le nombre d'articles signés ou co-signés : D'Alembert et d'Argenville. Le premier est l'auteur des articles de mathématique et de physique ainsi que de plusieurs compléments faits en qualité d'éditeur. Les contributions du second se bornent aux articles d'hydraulique. L'article touchant à l'art militaire est de Le Blond, celui de marine est cosigné par Bellin. Le tout paraît donc cohérent avec la distribution des rôles explicitée à la fin du « Discours préliminaire » (*Enc.*, I, xlj-xlv).

17. Une case vide dans la colonne Chambers indique donc que l'article correspondant de l'*Encyclopédie* a été rédigé sans avoir recours à la *Cyclopaedia* (mais n'implique en aucun cas l'absence, dans cette dernière, d'un article sur le même sujet).

18. Le fait que les articles correspondants soient signés par d'Argenville laisse cependant à penser qu'ils relèvent du domaine de l'hydraulique, dont celui-ci a la charge. C'est ce nous supposons dans quelques instants, et ce que nous confirmera *a posteriori* l'étude de leur contenu.

Le tableau témoigne par ailleurs clairement de l'abandon de la charge de coéditeur de l'*Encyclopédie* par D'Alembert en 1758 : à l'inverse des articles appartenant aux sept premiers volumes, les articles des tomes VIII à XVII sont quasiment tous des traductions partielles ou intégrales de leurs correspondants dans la *Cyclopaedia* de Chambers. Cet état de fait, comme on peut l'imaginer, ne sera pas sans conséquence sur la mise en relation effective des enjeux théoriques et pratiques du problème de la résistance des fluides à l'intérieur de l'ouvrage.

Les éléments relevés et passés au crible d'une première analyse apportent en outre diverses autres informations. Ils montrent par exemple que les articles du corpus signés par d'Argenville ne contiennent comparativement que très peu de renvois – signe que l'usage de cet instrument essentiel de l'ordre encyclopédique peut donc sensiblement varier en fonction de l'auteur – et qu'ils ont tous été rédigés sans avoir eu recours à la traduction de la *Cyclopaedia* de Chambers. Ils permettent aussi, et surtout, d'identifier plusieurs sous-groupes d'articles (parfois réduits à des singletons) :

- les articles FLUIDE et RÉSISTANCE *des fluides* de D'Alembert, qui occupent sans conteste une place centrale dans l'ensemble du corpus ;
- les articles DESCENTE *ou* CHUTE, PENDULE, RETARDATION, MILIEU et son entrée MILIEU ÉTHÉRÉ, tous signés par D'Alembert, classés en « Mécanique » et connectés à l'article RÉSISTANCE *des fluides* par le jeu des renvois ;
- l'article FLEUVE, du même auteur, portant les désignants « Physique » et « Géographie » et relié aux deux précédents ;
- l'article GOUVERNAIL, seul article de marine, cosigné par Bellin et D'Alembert ;
- les articles BALISTIQUE et PROJECTILE de D'Alembert, ainsi que l'article JET (*art militaire*) de Le Blond, connecté à ces deux derniers par le biais de l'entrée JET *des bombes*, extérieure au corpus ;
- les articles AUBE et TUBE de D'Alembert / DIGUE et JET *d'eau* de d'Argenville et D'Alembert / CONDUIRE LES EAUX, DÉPENSE, EFFORT *ou* RÉSISTANCE, ÉLÉVATION, ÉTRANGLEMENT, FROTTEMENT (*Hydraulique*), RÉSISTANCE *des eaux*, TUYAU, *Proportions des tuyaux* de d'Argenville, dont il est raisonnable de penser qu'ils relèvent tous du domaine de l'hydraulique.

C'est à partir de ces différents sous-groupes que je structurerai à présent mon étude des relations entre théorie et pratique relativement au problème de la résistance des fluides. Je procéderai, pour chacun d'eux, à l'analyse des contraintes et spécificités (éditoriales ou autres) qui s'y manifestent, des savoirs qu'ils mobilisent et des liens que ceux-ci entretiennent. Compte tenu de leur place centrale, tant vis-à-vis du sujet

que du jeu des renvois à l'intérieur de notre corpus, les articles FLUIDE et RÉSISTANCE *des fluides* constitueront naturellement notre point de départ.

Les articles FLUIDE et RÉSISTANCE des fluides

L'article FLUIDE de D'Alembert, clairement structuré, aborde successivement la question de la « nature » des fluides (ou de « ce qui constitue leur fluidité »), des « lois de leur équilibre », « de leur mouvement » ainsi que « celles de leur résistance ». Cette dernière et substantielle partie, qui retiendra ici toute mon attention, est intégralement constituée d'importants extraits de l'introduction à l'*Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* (ERF) de D'Alembert (1752)¹⁹, l'une des pièces maîtresses du processus de construction théorique de l'hydrodynamique (initié par Daniel Bernoulli dans le courant des années 1730) dans laquelle le savant introduit une approche fondée sur l'application du calcul différentiel et intégral de fonctions de plusieurs variables et parvient à établir les premières équations aux dérivées partielles gouvernant l'écoulement d'un fluide autour d'un corps solide immergé²⁰.

D'Alembert reprend en particulier sa critique de la théorie de la résistance des fluides newtonienne, sujette « à beaucoup de difficultés », ainsi que des géomètres qui l'ont attaquée depuis lors et qui n'ont finalement « guère été plus heureux » que l'auteur des *Principia* : c'est là, explique-t-il, ce qui l'a « engagé à traiter cette matière par une méthode entièrement nouvelle ». Après en avoir donné un aperçu et exposé les principes qui la sous-tendent, D'Alembert fait cependant état des deux difficultés majeures auxquelles sa théorie analytique de la résistance des fluides doit faire face : l'incapacité dans laquelle il se trouve de résoudre les équations fondamentales auxquelles sa nouvelle approche lui a

19. Notons que cette reprise par D'Alembert d'extraits des préfaces et introductions de ses principaux traités n'est pas un cas isolé. La partie de l'article FLUIDE traitant de leur mouvement est quant à elle une reprise partielle de l'introduction du *Traité des fluides* (1744).

20. Pour plus de détails sur l'*Essai d'une nouvelle théorie de la résistance des fluides* de D'Alembert et, plus généralement, sur le processus de construction théorique de l'hydrodynamique sur la période 1730-1760, voir en particulier : Clifford Ambrose Truesdell, "Editor's Introduction : Rational fluid mechanics, 1687-1765", in *Leonhardi Euleri Opera Omnia*, série II, vol. 12, Zürich, 1954 ; Gérard Grimberg, *D'Alembert et les équations aux dérivées partielles en hydrodynamique*, thèse de doctorat, Université Paris 7, 1998 ; Olivier Darrigol, *Worlds of Flow. A history of hydrodynamics from the Bernoullis to Prandtl*, Oxford University Press, 2005 ; Julian Simon Calero, *The Genesis of Fluid Mechanics 1640-1780, Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 22, Springer, 2008.

permis de parvenir, et l'impossibilité de « pouvoir comparer sa théorie de la résistance des fluides, aux expériences que plusieurs physiciens célèbres ont faites pour la déterminer », dans la mesure où ces expériences sont « si peu d'accord entr'elles, qu'il n'y a [...] encore aucun fait suffisamment constaté sur ce point ».

L'article *RÉSISTANCE des fluides* s'appuie quant à lui, pour l'essentiel, sur l'article *RESISTENCE of fluids* de la *Cyclopaedia* de Chambers. D'Alembert emprunte le résumé que ce dernier donne de la théorie de la résistance newtonienne, qu'il s'agisse de l'exposé des causes physiques à l'origine du phénomène (« cohésion des parties du fluide » et « inertie de la matière du fluide ») ou des principaux résultats obtenus par le savant anglais dans ce cadre (lois de résistance propres à la sphère et au cylindre dans un milieu fluide, valeur du rapport de leurs résistances, etc.). La comparaison des deux textes fait cependant apparaître de nombreuses interventions de D'Alembert sur les passages correspondants, dues au fait que le contenu de l'article de la *Cyclopaedia*²¹ s'appuie, de façon étonnante, sur la première édition (1687, livre 2, section VII) des *Principia*, pourtant considérablement remaniée par Newton dans la seconde édition (1713, *Ibid.*) afin de résoudre les contradictions entre certains de ses premiers résultats²². D'Alembert reprend en outre la présentation par Chambers du problème du solide de moindre résistance, c'est-à-dire le problème mathématique énoncé par Newton en 1687 et consistant à déterminer les formes de corps éprouvant une résistance minimale à l'avancée dans un écoulement. Il redonne, à l'instar de la *Cyclopaedia*, la solution qu'en a donnée le savant anglais et corrige, pour finir, les

21. Notons d'ailleurs qu'à quelques variantes près, sans conséquence sur le fond, le contenu de l'article *RESISTENCE of fluids* dans la 5^e édition de la *Cyclopaedia* que nous avons consultée (celle de Londres) est parfaitement identique à celui de la 1^{re} édition, publiée en 1728, signe qu'il n'a aucunement été mis à jour depuis lors. Plus surprenant encore, les passages de la 1^{re} et de la 5^e éditions concernant le problème du solide de moindre résistance renvoient à deux pages différentes des *Principia* (« p. 327 » pour la 1^{re} et « p. 300 » pour la 5^e édition) coïncidant respectivement avec la place du même (et célèbre) *Scholium* de Newton dans la première et la deuxième édition de l'ouvrage. La référence paraît donc avoir été changée sans que le contenu de l'article bénéficie des corrections apportées par le savant anglais à la seconde version de sa théorie de la résistance des fluides.

22. Pour un exposé détaillé des recherches de Newton dans le second livre des *Principia* (en particulier la section VII) sur le mouvement des corps dans les milieux résistants, et pour un examen des modifications apportées dans les deuxième (1713) et troisième (1726) éditions de l'ouvrage, voir J. S. Calero, *The Genesis of Fluid Mechanics 1640-1780, Studies in History and Philosophy of Science*, vol. 22, Springer, 2008, chap. 2, p. 73-113 et G. E. Smith, « Newton's study of fluid mechanics », *International Journal of Engineering Science* 36, 1998, p. 1377-1790.

résultats publiés en 1693 par Jacques Bernoulli²³ concernant les résistances éprouvées par des corps présentant différents types rectilignes de profils-avant, ceux-ci s'appuyant sur la première version (celle de 1687) de la théorie newtonienne.

Si l'on met de côté les quelques autres modifications ponctuelles relevées entre la version de la *Cyclopaedia* et celle de l'*Encyclopédie*, l'article français ne contient finalement que deux apports originaux de D'Alembert.

Le premier concerne le problème du solide de moindre résistance à propos duquel le savant souligne que Newton a donné sa solution « sans démonstration » et précise que plusieurs géomètres en ont trouvé d'autres depuis : Guillaume de l'Hospital, Bernoulli (sans qu'il soit précisé s'il s'agit de Jacques ou de Jean I), Fatio et Jakob Herman. « M. Bouguer », ajoute-t-il en citant son mémoire de 1733²⁴, l'a quant à lui résolu « d'une manière fort générale, en ne supposant point que le solide qu'on cherche soit un solide de révolution, mais un solide quelconque ».

Le second apport donne un bilan de la théorie de la résistance cohérent avec le contenu de l'article FLUIDE. D'Alembert souligne avant tout qu'il faut regarder les règles tirées de la théorie newtonienne « comme beaucoup plus mathématiques que physiques » et qu'« il y en a plusieurs avec lesquelles l'expérience n'est pas tout-à-fait conforme », mentionne ce qu'il semble considérer comme les principales difficultés théoriques à surmonter (notamment la détermination de l'action d'un fluide contre un plan, centrale dans « la méthode générale de Newton, et de presque tous les auteurs » qui lui ont succédé, mais sur laquelle « les plus grands géomètres » ne se sont toujours pas accordés), puis renvoie ses lecteurs au livre 2 des *Principia* de Newton, aux expériences rapportées par Mariotte dans son traité *Du mouvement des eaux*, ainsi qu'à l'*Hydrodynamica* de Daniel Bernoulli (1738) et plusieurs de ses mémoires « imprimés dans le recueil de l'académie de Petersbourg ».

Les deux articles, de nature exclusivement théorique, donnent donc une image à la fois pessimiste et clairvoyante de la situation dans ce

23. Ces résultats (ce qui n'est pas indiqué dans l'article) sont publiés par Jacques Bernoulli dans le mémoire « De resistentia figurarum in fluidis mutarum » (*Acta Eruditorum*, Leipzig, 1693).

24. Pierre Bouguer, « Une base qui est exposée au choc d'un Fluide étant donnée, trouver l'espece de Conoïde dont il faut la couvrir, pour que l'impulsion soit la moindre qu'il est possible », *MARS année 1733* (1735), p. 85-108. L'abréviation MARS désigne la partie « Mémoires » des volumes de l'*Histoire de l'Académie royale des sciences* (ici le volume de l'année 1733, publié en 1735). De la même façon, j'emploierai par la suite l'abréviation HARS pour désigner la partie « Histoire » de ces mêmes volumes.

domaine au milieu du XVIII^e siècle : celle d'une impasse, non seulement d'un point de vue mathématique, mais aussi expérimental. Cette matière, écrit D'Alembert dans l'article FLUIDE, « pourroit bien être du nombre de celles où les expériences faites en petit n'ont presque aucune analogie avec les expériences faites en grand [...], où chaque cas particulier demande presque une expérience isolée, & où par conséquent les résultats généraux sont toujours très-fautifs & très-imparfaits ». L'ensemble sanctionne ainsi un double échec pour ce qui est d'aboutir à des « règles précises & générales » : celui de l'approche analytique dont D'Alembert est l'initiateur dans l'ERF (et qu'Euler développera quelques années plus tard, sans plus de succès pour ce qui est de résoudre les nouvelles équations obtenues), et celui de la loi de résistance newtonienne.

La totale déconnection du contenu des deux textes avec les enjeux pratiques laisse à penser que D'Alembert ne croit guère en l'utilité des règles déduites de la théorie de Newton dans le domaine pratique. C'est ce dont témoigne son silence total sur la question de l'application du problème du solide de moindre résistance au domaine de l'architecture navale – au point que le savant prend la peine d'évoquer le mémoire théorique de Bouguer de 1733 sans même mentionner le *Traité du navire* à visée pratique du même auteur, publié en 1746 (et qui ne lui est pourtant pas étranger²⁵) ! C'est ce que semble par ailleurs confirmer une ultime variante entre un passage de l'article RESISTENCE *of fluids* de la *Cyclopaedia* concluant que « All which rules may be of use in the construction of ships, and in perfecting the art of navigation universally : as also for determinating the figures of the balls of pendulums for clocks, &c. See SHIP, NAVIGATION, PENDULUM »²⁶ et sa reprise dans l'article RÉSISTANCE *des fluides*, où D'Alembert écrit : « Toutes ces regles peuvent être utiles jusqu'à un certain point dans la construction des vaisseaux. Voyez VAISSEAU, &c. Chambers ».

Cette dernière remarque tend aussi à prouver que l'encyclopédiste a volontairement choisi de faire disparaître l'idée que la théorie newtonienne de la résistance des fluides puisse être appliquée dans le domaine de l'horlogerie. Il supprime donc également le renvoi à l'article PENDULUM initialement présent dans le texte de Chambers, tout en conservant le renvoi à l'entrée RÉSISTANCE *des fluides* dans l'article PENDULE, lui-même rédigé sur la base de son correspondant dans la *Cyclopaedia*.

Le deuxième sous-groupe de notre corpus, classé en mécanique par l'*Encyclopédie* et qui, outre l'article PENDULE, rassemble également

25. D'Alembert critique certains points du *Traité du navire* dans l'ERF. Il y fait par ailleurs explicitement référence dans l'article MATURE (voir la note 33).

26. Ephraïm Chambers, *Cyclopaedia*, 5^e éd., vol. 2, 1743 (édition sans pagination apparente).

DESCENTE *ou* CHUTE, RETARDATION, MILIEU ainsi que son entrée MILIEU ÉTHÉRÉ, n'apporte d'ailleurs guère d'informations notables vis-à-vis de notre sujet. Largement inspiré de l'encyclopédie anglaise, leur contenu roule essentiellement sur divers aspects théoriques. L'article MILIEU et son entrée MILIEU ÉTHÉRÉ concernent les propriétés du milieu « beaucoup plus rare & subtil que l'air » que Newton substitue à la « matière subtile » de Descartes dans le livre 2 des *Principia*. L'article RETARDATION redonne un résumé de la théorie newtonienne dont la teneur ne diffère en rien de celle de l'article RÉSISTANCE *des fluides*. Les articles DESCENTE *ou* CHUTE et l'article PENDULE (pour partie constitué d'un extrait des papiers de Formey) contiennent quant à eux quelques compléments originaux de D'Alembert sur, respectivement, la loi de chute des corps dans les milieux résistants et la méthode mathématique générale permettant de trouver le mouvement d'un pendule, méthode dont le savant précise qu'il y est « fait abstraction de la résistance de l'air ».

Plus intéressant, l'article FLEUVE, qui forme notre troisième sous-groupe, mérite en revanche d'être présenté de façon plus détaillée.

L'article FLEUVE

Les deux désignants « Géographie » et « Physique » de l'article font ici écho aux deux grandes parties qui le structurent. La première, explicitement tirée de l'*Histoire naturelle, générale et particulière* de Buffon (et, plus précisément, de son premier tome, paru en 1749) ainsi que de la *Geographia generalis* (1650) de Varenius, passe en revue les questions de l'origine des fleuves, de leurs directions, variations, ainsi que du débordement périodique de certains d'entre eux, puis énumère les fleuves les plus grands et les plus rapides de chaque continent.

La seconde, répondant au désignant « Physique », traite des « Lois du mouvement des fleuves des rivières en général ». L'étude des sources utilisées montre qu'elle peut elle-même être décomposée en deux principaux sous-ensembles : la traduction d'un large extrait de l'article RIVER de Chambers, suivie d'une seconde partie formée de compléments personnels de D'Alembert imbriqués avec de nouveaux extraits de l'*Histoire naturelle* de Buffon.

Le passage issu de l'encyclopédie anglaise consiste en un exposé des recherches publiées par Guglielmini dans son traité *Della natura de' fiumi : trattato fisico-matematico* (1697). D'Alembert, qui ne signale pas son emprunt à Chambers, n'y insère qu'un maigre et unique ajout : « Tel est », précise-t-il, « l'abregé de la doctrine de Guglielmini, sur le

mouvement des fleuves, dont M. de Fontenelle a fait l'extrait dans les mém. de l'aca. 1710 ». Vérification faite, il s'avère que la référence insérée par l'encyclopédiste français correspond à l'« Éloge de Guglielmini », dû à Fontenelle, et dont ledit extrait de l'article RIVER de la *Cyclopaedia* ne constitue en fait qu'une traduction²⁷... Nous avons par conséquent affaire à une reprise indirecte du contenu d'un volume d'*Histoire* de l'Académie royale des sciences de Paris par le biais de Chambers, phénomène récemment étudié par Alain Cernuschi²⁸, dans le cadre duquel nous voyons présentement D'Alembert prendre le soin de pallier l'absence, dans la *Cyclopaedia*, de référence à la source académique utilisée. Il est en outre intéressant de constater que le savant n'éprouve pas, *a contrario*, le besoin de compléter plus avant le texte de Chambers par la remarque suivante, directement tirée du texte de Fontenelle (juste à la suite des extraits empruntés) :

Ce sont-là les principes les plus généraux du Traité *Della natura de' Fiumi*. L'Auteur en fait l'application à tout ce qu'il appelle l'*Architecture des Eaux*, c'est-à-dire, à tous les Ouvrages qui ont les Eaux pour objet, aux nouvelles communications de rivières, aux Canaux que l'on tire pour arroser des Pays qui en ont besoin, aux Écluses, au dessèchement des Marais, &c.²⁹

Il semble donc, là encore, que D'Alembert n'ait pas particulièrement souhaité établir de lien avec les applications potentielles des recherches de Guglielmini : tout juste insère-t-il un renvoi aux articles DIGUE (qui appartient à notre corpus) et LEVÉE (article de quelques lignes explicitement extrait de... l'« Éloge de M. Guglielmini [sic], *Hist. acad. 1710* » !) en lieu et place du renvoi à l'article ALLUVION de Chambers ; rien, néanmoins, pour ce qui concerne les écluses, les canaux ou la question du dessèchement des marais, aux sujets desquels l'*Encyclopédie* ne contient d'ailleurs aucun article...

De même que dans ce qui précède, ces quelques indices ne sont probablement pas sans rapport avec l'opinion de D'Alembert sur la fiabilité de la théorie du mouvement des fleuves et des rivières et, ce faisant, avec la difficulté posée par toutes les « irrégularités » physiques

27. Fontenelle, « Éloge de Guglielmini », *HARS année 1710* (1712), p. 152-166. L'extrait correspondant de l'article RIVER de la *Cyclopaedia* est tiré des pages 159 à 163 de l'« Éloge ».

28. Voir Alain Cernuschi, « La *Cyclopaedia*, un intermédiaire entre les Mémoires de l'Académie des sciences et l'*Encyclopédie* », *RDE* 45, 2010, p. 129-143.

29. Fontenelle, « Éloge de Guglielmini », *HARS année 1710* (1712), p. 163.

que l'on y rencontre et qui incluent, bien sûr, la question de la résistance des fluides.

La partie de l'article issue de Chambers (Fontenelle) souligne ainsi que la vitesse des fleuves diminue « tant à cause du frottement continu de l'eau contre le fond & les côtés du lit où elles coulent, que par rapport aux autres obstacles qu'elles rencontrent ». D'autre part, « la viscosité & la cohésion mutuelle des parties de l'eau, & l'union qu'elles ont les unes avec les autres, fait que les parties intérieures, mues par la pression des supérieures, entraînent à leur tour celles-ci, qui autrement dans un lit horizontal n'auraient aucun mouvement, ou n'auraient qu'un mouvement presque nul, si le canal n'avait que très-peu de pente ».

Dans le complément qu'il place à la suite, D'Alembert précise tout de go que la théorie de Guglielmini forme d'abord, et avant tout, une « théorie purement mathématique [...] que les circonstances physiques doivent altérer beaucoup ». Quant à la « méthode générale pour déterminer mathématiquement la vitesse d'un fleuve en un endroit quelconque » qu'il a pu exposer dans son *ERF*³⁰, elle demande « une analyse très-compiquée, quand on veut faire entrer dans le problème toutes les circonstances ». Parmi ces circonstances qui font que « le mouvement des eaux dans le cours des fleuves s'écarte considérablement de la théorie géométrique », et que D'Alembert énumère sur la base du tome 1 (article X : « Des Fleuves ») de l'*Histoire naturelle* de Buffon, on trouve la différence de vitesse observée entre le « milieu du fleuve, & les bords », due aux frottements de l'eau contre ces derniers, le fait que l'eau du milieu est souvent plus basse que celles des bords à l'approche des embouchures, ou que la vitesse « ne suit pas à-beaucoup-près la proportion de la pente ».

Le seul salut possible, dans ce contexte, réside donc dans le domaine expérimental. Là aussi, le complément que l'encyclopédiste donne à propos de la « mesure de la vitesse des fleuves » ne pousse cependant pas à l'optimisme. Le moyen proposé par Guglielmini lui paraît « trop composé & trop incertain », la méthode du pendule « meilleure pour comparer ensemble les vitesses des deux fleuves, que pour avoir la vitesse absolue de chacun ». Reste l'instrument qu'a proposé Pitot « dans les mémoires de l'académie de 1732 »³¹, mais dont la méthode lui semble encore assez fautive, pour deux raisons :

30. Cette théorie est exposée dans le chapitre X de l'*ERF*.

31. Henri Pitot, « Description d'une Machine pour mesurer la vitesse des Eaux courantes, et le sillage des Vaisseaux », *MARS année 1732* (1735), p. 363-376. Voir, à ce sujet, Hunter Rouse et Simon Ince, *History of Hydraulics*, State University of Iowa, Iowa Institute of Hydraulic Research, 1957, p. 114-117.

1°. L'eau sera retardée par l'angle qui forme la partie horizontale avec la verticale : 2°. elle le sera encore le long du tuyau par le frottement, ainsi elle s'élèvera moins qu'elle ne devrait suivant la théorie ; & il est très-difficile de fixer le rapport entre la hauteur à laquelle elle s'élève, & celle à laquelle elle doit s'élever, parce que la théorie des frottemens est très-peu connue.

Le problème de la détermination des lois de la résistance des fluides semble donc également constituer un frein, selon le savant, dans le domaine des techniques expérimentales. Plutôt que de s'épuiser « en inventions sur des choses de pratique », mieux vaut « en revenir souvent à ce qui s'étoit présenté d'abord », à savoir « la méthode » consistant à « prendre un corps à-peu-près aussi pesant que l'eau, comme une boule de cire, de le jeter dans l'eau, & de juger de la vitesse de l'eau par celle de cette boule ».

L'article FLEUVE illustre ainsi clairement le pessimisme de D'Alembert quant à la possibilité de parvenir à des règles théoriques fiables en la matière : bien que la « Géométrie et la mécanique » y aient été appliquées, l'étude des lois gouvernant le mouvement des cours d'eau constitue encore « une des branches de la physique moderne » (ceci expliquant très probablement le désignant « Physique » que porte l'article). De la même façon que dans l'article *RÉSISTANCE des fluides*, le savant sanctionne à la fois les règles mathématiques connues, à savoir celles des auteurs italiens à qui l'« on doit les progrès » accomplis dans ce domaine, ainsi que ses propres recherches analytiques (celles de l'*ERF*), ce en raison de leur incapacité commune à prendre en compte les différents phénomènes physiques en jeu (tel est le cas des frottements de l'eau contre les parois du lit des fleuves). Dans l'article FLUIDE, D'Alembert se désolait aussi des contradictions entre les résultats expérimentaux disponibles concernant la résistance des fluides. Il pointe ici le manque de fiabilité des techniques expérimentales mises au point, et notamment du tube de Pitot qui réclamerait, pour garantir sa précision, une théorie des frottements demeurant malheureusement trop incertaine.

Passons à présent aux trois derniers sous-groupes d'articles du corpus. Ils concernent les trois principaux champs d'application potentiels du problème de la résistance des fluides : la marine, l'artillerie et l'hydraulique.

Le domaine de la marine

Jean-Pierre Sérès avait déjà eu l'occasion de nous alerter sur le silence sidérant de D'Alembert dans l'*Encyclopédie* à propos de la question de la manœuvre des vaisseaux : sans parler d'applications pratiques,

le savant n'a pas même, selon lui, « estimé nécessaire de développer beaucoup les considérations que l'ouvrage donnerait sur les théories récemment mises à jour dans le domaine »³². Force est de constater que nous tirons peu ou prou le même constat au sujet de l'apport de l'encyclopédiste en matière d'architecture navale et, plus généralement, à propos des liens que le domaine de la marine entretient dans l'ouvrage avec la question de la résistance des fluides.

Si, nous l'avons vu, D'Alembert apporte quelques compléments au texte de Chambers concernant le problème du solide de moindre résistance dans l'article *RÉSISTANCE des fluides*, il ne fait aucune mention³³ des importants ouvrages récemment parus à ce sujet : le *Traité du navire* (1746) de Bouguer et la *Scientia navalis* (1749) d'Euler, deux traités théoriques à visée pratique fondés sur la loi de résistance newtonienne, ainsi que les *Éléments de l'architecture navale* (1752) de Duhamel du Monceau, manuel pratique dédié aux élèves de l'école d'ingénieurs constructeurs de la marine (dont ce dernier crée le premier embryon en 1741 et qu'il continuera à diriger à la suite de sa reconnaissance officielle en 1765³⁴).

Partant de l'article *RÉSISTANCE des fluides*, le seul renvoi donné par D'Alembert à la suite de sa remarque selon laquelle les règles tirées par la théorie newtonienne ne peuvent être utiles que « jusqu'à un certain point dans la construction des vaisseaux » conduit à un article *VAISSEAUX* (*Enc.*, XVI, 803b-805a), extérieur à notre corpus, consacré à la question de leur construction, et dans lequel l'auteur, anonyme, annonce de prime abord que :

L'expérience est la base de toutes les regles des constructeurs. Cette expérience consiste à comparer la bonté de différens bâtimens de divers gabarits, & à choisir une moyenne forme qui réunisse les diverses qualités de ces bâtimens. Ils se reglent encore sur les poissons, & ils s'imaginent que de tous les poissons, celui qui va le mieux, doit avoir la forme convenable à

32. Jean-Pierre Séris, « Le problème de la manœuvre de vaisseaux à l'époque de D'Alembert », *Analyse et dynamique – Études sur l'œuvre de D'Alembert*, A. Michel et M. Paty (dir.), Presses de l'Université Laval, 2002, p. 317-358 (la citation donnée est extraite de la page 336).

33. La seule exception que j'ai pu trouver est l'article *MATURE* (*Enc.*, X, 209a-b) de D'Alembert dans lequel ce dernier renvoie à l'article *MAT* (en fait *MAT* & *MATS*), dont il n'est pas l'auteur, pour ce qui concerne « l'art & la science de mâter les vaisseaux », ainsi qu'aux « pieces de MM. Bouguer & Camus, sur la matiere des vaisseaux, & le traité du navire de M. Bouguer, p. 417 » pour « ceux qui désireront sur ce sujet un plus grand détail ».

34. Voir Paul Gille, « Les écoles de constructeurs de la marine », dans René Taton (dir.), *Enseignement et diffusion des sciences en France au XVIII^e siècle*, Paris, Hermann, 1964, p. 477-479 et Larrie D. Ferreiro, *Ships and Science – The Birth of Naval Architecture in the Scientific Revolution, 1600-1800*, The MIT Press, 2007, p. 282-290.

un parfait *vaisseau*. Ce poisson est selon eux le maquereau : ce sont les portions de cet animal que l'on doit suivre. Ainsi l'a du-moins fait un des plus fameux constructeurs françois : c'est M. Hendrick.

Difficile de trouver propos plus éloignés de l'idée d'appliquer la théorie de la résistance des fluides à la détermination de la forme des proues de vaisseaux, surtout quand on sait que le dénommé Hendrick³⁵ fut l'un des charpentiers-constructeurs de navires les plus appréciés de la première moitié du règne de Louis XIV ! Quelques recherches permettent en fait de s'apercevoir que le contenu de l'article est intégralement formé de passages, repris mot pour mot, de l'article homonyme donné par Alexandre Savérien (1720-1805), ingénieur de la marine³⁶, dans son *Dictionnaire historique, théorique et pratique de Marine*, publié en deux volumes en 1758 – ce qui est d'ailleurs aussi le cas de plusieurs autres articles de marine des derniers tomes de l'*Encyclopédie*, tels que RAME, TANGAGE, VARANGUES ou VOILE³⁷. L'article VAISSEAUX, reprenant Alexandre Savérien, présente ensuite les règles de proportion préconisées par le charpentier Hendrick, c'est-à-dire, précise-t-il, telles que les constructeurs les ont adoptées « d'après l'expérience qui est la moins susceptible des fautes qu'on peut faire dans la construction ».

L'article *RÉSISTANCE des fluides* est donc directement lié à un article abordant le problème de l'architecture navale sous l'angle des constructeurs-charpentiers de la seconde moitié du xvii^e siècle et de l'« expérience » qu'ils y ont acquise. S'agit-il d'un acte délibéré de D'Alembert ? Il est difficile de répondre, dans la mesure où le savant abandonne sa

35. D'origine hollandaise, il officia principalement à Dunkerque à partir de 1671. Voir Martine Acerra (dir.), *L'invention du vaisseau de ligne, 1450-1700*, Paris, SPM, 1997.

36. Alexandre Savérien, qui ne fit jamais partie de l'Académie des sciences (ni de l'Académie de Marine), reçoit son brevet d'ingénieur de la marine à l'âge de vingt ans. Il est notamment l'auteur d'un *Discours sur la manœuvre des vaisseaux* (1744) et d'un *Discours sur la navigation et la physique expérimentale* (1744), d'une *Nouvelle théorie de la manœuvre des vaisseaux, à la portée des pilotes* (1746), d'une *Nouvelle théorie de la mâture* (1750) qui lui valut une querelle avec Bouguer, ainsi que d'un traité sur l'*Art de mesurer sur mer le sillage des vaisseaux* (1750). Ces informations sont tirées de Jean Mascart, *La vie et les travaux du Chevalier Jean-Charles de Borda (1733-1799) – Épisodes de la vie scientifique au xviii^e siècle*, vol. II, Lyon, Annales de l'Université de Lyon, 1919, p. 196.

37. Je ne donne pas ici de liste exhaustive des articles concernés. Comme le notent Frank A. Kafker et Serena L. Kafker (*The Encyclopedists as individuals : a biographical dictionary of the authors of the Encyclopédie*, SVEC 257, Oxford, Voltaire Foundation, 2006, p. 30), les articles signés par Bellin paraissent pour la plupart dans les sept premiers tomes et se raréfient dans les tomes VIII à XIII. Les quatre derniers volumes n'en contiennent plus. Il semble donc que le *Dictionnaire de Marine* de Savérien ait été utilisé pour pallier cette lacune.

charge de coéditeur de l'*Encyclopédie* en 1758 et où l'article VAISSEAUX ne porte aucun indice permettant d'en identifier le metteur en œuvre. Celui-ci contient toutefois un renvoi (initialement présent dans le texte de Savérien) à un autre article, CONSTRUCTION, consacré à l'« *art de bâtir des vaisseaux* » et signé par Bellin, ingénieur hydrographe de la marine³⁸. Nous y obtenons enfin le nom d'ouvrages développant « les principes généraux » de la construction des navires. Parmi eux³⁹ :

Le traité du navire, de sa construction, & de ses mouvemens, par M. Bouguer [...] ; ouvrage profond, & qu'il seroit à souhaiter que tous les constructeurs étudiassent & entendissent bien. [Les] *Elémens de l'Architecture navale*, ou *traité pratique de la construction des vaisseaux* par M. Duhamel [...] ; celui-ci dépouillé d'algebre & de démonstrations, se renferme dans la pratique, & offre des méthodes si simples & si claires, qu'il peut mettre en état quiconque le posséderoit bien, de dresser les plans de toutes sortes de bâtimens, & de régler les proportions les plus avantageuses pour toutes les parties qui entrent dans leurs *constructions*. Ainsi c'est à ces deux excellens ouvrages que nous renvoyons, dont nous emprunterons cependant le plus qu'il nous sera possible pour former le détail de cet article, & de beaucoup d'autres répandus dans ce Dictionnaire.

L'article CONSTRUCTION se décline dès lors en deux parties portant sur « la grandeur & à la proportion qu'on veut donner au bâtiment » et donnant le « devis d'un vaisseau du premier rang de 155 piés de long ». Quoique Bellin affirme avoir eu recours aux deux ouvrages suscités, je n'ai cependant pu trouver de trace concrète du contenu du traité de Bouguer. En revanche, il s'appuie en effet très largement sur le deuxième chapitre des *Elémens de l'architecture navale* de Duhamel (intitulé « Des proportions générales pour la Construction des vaisseaux »).

Ce faisant, Bellin élude l'ensemble des questions théoriques abordées dans les *Elémens de l'architecture navale* et susceptibles d'apporter quelques progrès dans la pratique de la construction, à commencer par son neuvième chapitre, intégralement dédié à l'exposé d'une « Méthode pour calculer la résistance de l'eau sur la proue des Vaisseaux ». Larrie D. Ferreiro⁴⁰ souligne pourtant que Duhamel du Monceau, en communication étroite avec Bouguer pendant la rédaction de l'ouvrage, fonde

38. Bellin est notamment réputé pour ses cartes marines. Voir F. A. Kafker et S. L. Kafker, *The Encyclopedists as individuals*, SVEC 257, Oxford, Voltaire Foundation, 2006, p. 29-31.

39. *Enc.*, IV, CONSTRUCTION, 94a.

40. Voir Larrie D. Ferreiro, *Ships and Science*, The MIT Press, 2007, chap. 3, et « Pierre Bouguer and the solid of least resistance », *Revue d'histoire des sciences* 63, 2010, p. 93-119.

directement tout ce qui concerne les questions de résistance et de stabilité sur la théorie du *Traité du navire*, le tout en veillant à traduire les mathématiques de son confrère en un ensemble de protocoles facilement et directement utilisables par les élèves de son école d'ingénieurs constructeurs : tel est le cas de la méthode de calcul d'un rapport permettant de comparer les performances des navires en matière de résistance éprouvée par la proue. Il semble que Bellin n'ait pas jugé utile d'en rendre compte, ni même d'en signaler l'existence.

Bellin livre ainsi un article CONSTRUCTION de nature pratique, totalement déconnecté du sujet de la résistance des fluides ou de toute autre considération théorique. D'Alembert, qui assume encore le rôle d'éditeur dans le quatrième tome de l'*Encyclopédie*, n'a apparemment pas, de son côté, éprouvé le besoin d'y insérer quelques compléments. C'est pourtant ce qu'il fera dans l'article GOUVERNAIL, publié dans le septième volume (1757).

Cet article, cosigné par les deux encyclopédistes et dont il faut rappeler qu'il est apparemment le seul de marine à aborder le problème de la résistance des fluides, débute avec la présentation par Bellin de la constitution et de la façon d'utiliser le gouvernail. D'Alembert, de son côté, y ajoute une description purement « mécanique » de l'instrument ainsi qu'un exposé synthétique de la méthode devant permettre de « résoudre rigoureusement & généralement le problème des mouvements du vaisseau & du gouvernail », problème, précise-t-il, qui compte parmi « les plus délicats de la Dynamique » et qui n'a peut-être « été résolu qu'assez imparfaitement, quoique suffisamment pour l'usage de la Marine »... La question l'incite à annoncer, pour l'article RAME, « d'excellentes remarques » ayant « rapport à l'action de la puissance qui fait tourner le gouvernail & à la résistance de l'eau, qui doivent ici entrer [...] en ligne de compte ». Il ne tiendra cependant pas sa promesse – l'article RAME, anonyme, reprend mot pour mot l'article homonyme du *Dictionnaire de Marine* de Savérien –, probable conséquence de son désinvestissement de l'*Encyclopédie* à partir de l'année 1758⁴¹.

L'article GOUVERNAIL fait, en somme, figure d'exception : il paraît être le seul dans lequel D'Alembert ait pris soin de faire cohabiter la

41. Il est possible que l'intérêt de D'Alembert pour le sujet soit lié au prix de l'Académie des sciences de Paris pour l'année 1753 dont il fut l'un des commissaires avec Bouguer, Comus, Clairant et Le Monnier. Le prix portait en effet sur « la manière la plus avantageuse de suppléer à l'action du vent sur les grands vaisseaux, soit en y appliquant les rames, soit en employant quelque autre moyen que ce puisse être » (procès-verbaux de l'Académie royale des sciences, séance du 21 avril 1751). Notons que D'Alembert insérera finalement quelques réflexions théoriques sur la question de l'action des rames dans le tome I de ses *Opusculs mathématiques*, publié en 1761 (Mémoire 4, art. XIX, p. 162-168).

pratique et la théorie d'une question de marine impliquant la prise en compte du phénomène de résistance des fluides. Ceci tient peut-être au fait que le problème semble, de l'aveu du savant, avoir été résolu de façon suffisante pour être appliqué, ce qui n'était pas le cas, à ses yeux, des solutions apportées au problème du solide de moindre résistance. Qu'il soit ou non l'œuvre de D'Alembert, le jeu des renvois permet en outre de passer d'un article *RÉSISTANCE des fluides* doutant de l'utilité de la théorie newtonienne en matière d'architecture navale à deux articles *CONSTRUCTION* et *VAISSEAUX* abordant le sujet de l'art de la construction sous le seul angle des règles pratiques : aucun lien de contenu n'est donc établi entre la théorie de la résistance et ses applications potentielles dans ce domaine.

Balistique et art militaire

L'étude des trois articles du corpus en relation avec la balistique et l'artillerie permet d'identifier deux sous-groupes distincts connectés l'un à l'autre par le biais du court article *JET des bombes* : les articles *BALISTIQUE* et *PROJECTILE* de D'Alembert, classés en mécanique, et l'article *JET (Art militaire)* de Guillaume Le Blond.

Dans l'article *PROJECTILE*, largement inspiré de son correspondant dans la *Cyclopaedia*, D'Alembert reprend l'exposé de Chambers des lois de la théorie galiléenne habituellement admise concernant le mouvement des projectiles, mais conclut toutefois sur un ajout personnel précisant qu'il s'agit là des « principaux théorèmes par lesquels on détermine [leur] mouvement [...] dans un milieu non résistant » : or, précise-t-il, ces règles sont « fort altérées par la résistance de l'air ». Dans l'article *BALISTIQUE*, il se livrait déjà à une sévère critique des lois galiléennes : « la plupart des auteurs » qui ont jusqu'alors abordé cette matière, écrit-il, « ne l'ont fait que dans la supposition que les corps se meuvent dans un milieu non-résistant ; supposition qui est assez éloignée du vrai ». C'est pourtant, comme il le souligne avec insistance, ce que vient de démontrer Benjamin Robins dans ses *New Principles of Gunnery* (1742), « en ayant égard à la résistance de l'air, qu'il détermine en joignant les expériences à la théorie » : il n'y a point de doute, selon D'Alembert, « que la Balistique ne se perfectionnât considérablement, si on s'appliquoit dans la suite à envisager sous ce point de vûe le mouvement des projectiles ».

Nous savons l'importance de cet ouvrage de Robins dans le cadre du développement de la balistique au XVIII^e siècle. Grâce à une démarche alliant la théorie avec la mise au point de processus expérimentaux particulièrement ingénieux (tels que son célèbre pendule balistique,

permettant de réaliser des expériences sur des projectiles à grande vitesse), le savant de la Royal Society apporte en effet la preuve de l'importance de prendre la résistance de l'air en considération et « fait voir la fausseté des préjugés dans lesquels on a été jusqu'à présent [...] sur la nature de la courbe que ces corps décrivent »⁴². À la demande de Frédéric II, le travail de Robins fait prestement l'objet d'une traduction allemande par Euler⁴³, qui y joint une longue série de commentaires en critiquant certains aspects et corrigeant certaines erreurs mathématiques : le tout sera publié en 1745. Dans un mémoire⁴⁴ présenté à Berlin en 1753, Euler développe en outre une première tentative de résolution par approximation de l'équation différentielle (non linéaire) du mouvement obtenue dans l'hypothèse – conforme à la théorie newtonienne, mais intégrant les données expérimentales obtenues par Robins dans le cas de projectiles à faible vitesse – d'une loi de résistance de l'air proportionnelle au carré de la vitesse. Il y esquisse ensuite, sur la base des résultats obtenus, une première table de tirs que l'officier prusse H. F. Graevenitz se chargera de compléter quelques années plus tard (1764)⁴⁵.

D'Alembert, qui attire tout spécialement l'attention des lecteurs de l'*Encyclopédie* sur les progrès à espérer des recherches de Robins et sur la nécessité de rejeter la théorie galiléenne, donne donc une image fidèle des développements les plus récents dans le domaine de la balistique. Il ne manque d'ailleurs pas, dans l'article PROJECTILE, de signaler que les « Géomètres », c'est-à-dire les mathématiciens, se sont déjà appliqués à la recherche de la trajectoire décrite dans un milieu résistant et de référer, sur le sujet, au « sçavant mémoire de M. Euler [...] dans les *mém. de l'acad. de Berlin de 1753* »⁴⁶. Reste à examiner la teneur de l'article de Le Blond.

42. Jean-Louis Lombard, *Nouveaux principes d'artillerie de M. Benjamin Robins, commentés par M. Léonard Euler, traduit de l'allemand avec des notes*, Dijon, 1783, p. 1.

43. Leonhard Euler, *Neue Grundsätze der Artillerie aus dem Englischen des Herrn Benjamin Robins übersetzt und mit vielen anmerkungen*, Berlin, 1745.

44. Leonhard Euler, « Recherches sur la véritable courbe que décrivent les corps jettes dans l'air ou dans un autre fluide quelconque », *HAB année 1753* (1755), p. 312-352. L'abréviation *HAB* désigne les volumes de l'*Histoire de l'Académie des sciences et belles-lettres* de Berlin (ici le volume de l'année 1753, publié en 1755).

45. H. F. Graevenitz, *Akademischen Abhandlung von der Bahn der Geschützkugeln*, Rostock, 1764. À propos du traité de Robins, des commentaires d'Euler et de son mémoire de 1753, ainsi que de leurs applications dans le domaine de l'artillerie, voir B. D. Steele, "Muskets and Pendulums : Benjamin Robins, Leonhard Euler, and the Ballistics Revolution", *Technology and Culture*, vol. 35, n° 2 (avril 1994), p. 348-382, et J. H. Barnett, "Mathematics goes ballistic : Benjamin Robins, Leonhard Euler, and the mathematica education of military engineers", *Journal of the British Society for the History of Mathematics*, vol. 24, n° 2 (2009), p. 92-104.

46. D'Alembert, qui ne lit pas l'allemand, ne fait donc pas référence à la traduction allemande et commentée d'Euler des *New Principles of Gunnery* (1742) de Robins.

Partant de PROJECTILE, et suivant le jeu des renvois, nous y accédons par l'intermédiaire d'un court article JET *des bombes* (de D'Alembert) qui semble apparemment constituer une sorte d'embranchement ou de passerelle unidirectionnelle entre les articles théoriques du savant et l'article JET (*Art militaire*) de Le Blond, professeur de mathématiques des Pages de l'Écurie du Roi.

Cet article ne contient pas à proprement parler d'informations relevant de la stricte pratique de l'artillerie, telles que des tables de tir. Si Le Blond s'efforce bien, en fin de texte, de donner la description et la façon d'utiliser l'« instrument universel pour jeter les bombes », inventé afin d'épargner ou d'abrégier les calculs à « tous ceux qui peuvent être chargés de la pratique », l'essentiel de l'article a plutôt l'allure d'un petit cours de mathématiques à l'adresse des praticiens. L'auteur y démontre d'abord quelques règles (« *La force du jet, la ligne de projection, & la ligne de chute sont en proportion continue* » / « *la portée de la bombe tirée sous l'angle de 15 degrés, est la moitié de celle qu'on a sous l'angle de 45 degrés* », etc.) puis passe à la résolution d'une suite de problèmes :

« Problèmes. I. Ayant tiré une bombe sous un angle de projection pris à volonté, & connoissant la distance où elle aura été tomber sur un plan horizontal, trouver la force du jet. [...] »

II. La force du jet étant connue, trouver la plus grande distance où la bombe peut être portée sur un plan quelconque. [...] »

III. La plus grande distance où une bombe puisse aller sur un plan quelconque étant connue, & la force du jet, trouver la distance où elle ira, tirée sous tel angle de direction que l'on voudra, le mortier étant toujours chargé de la même quantité de poudre, ou, ce qui est la même chose, la force du jet étant toujours la même. [...] »

IV. La plus grande distance où une bombe puisse aller sur un plan quelconque étant connue, & la force du jet, trouve l'angle de projection ou d'inclinaison du mortier pour la faire tomber à une distance donnée. »

Ainsi que le précise le « Discours préliminaire », Le Blond est d'ailleurs l'auteur d'une *Arithmétique et Géométrie de l'Officier*, publiée en 1748, « que l'Académie des Sciences a approuvée avec éloge » (et dont Clairaut et D'Alembert ont été les commissaires).

Il convient enfin et surtout de souligner que l'ensemble de ces calculs s'appuie sur l'hypothèse galiléenne d'un milieu non résistant et,

Celle-ci ne sera publiée en langue française (par Jean-Louis Lombard) qu'en 1783. Il semble cependant qu'une première traduction française de l'ouvrage ait été effectuée par Jean-Baptiste le Roy dès l'année 1751 (B. D. Steele, "Muskets and Pendulums...", *Technology and Culture*, vol. 35, n° 2, avril 1994, p. 369).

par là même, sur les seules propriétés géométriques de la parabole (qui constitue la trajectoire-solution dans ce cas de figure). Le Blond, qui renvoie à deux manuels pratiques s'appuyant sur la même hypothèse – l'*Art de jeter les bombes* de Blondel (1683) et le *Bombardier françois* de Bélidor (1731) –, s'en explique au début de l'article :

Comme plusieurs expériences ont fait voir que la résistance de l'air n'opere pas assez sensiblement sur le mouvement des bombes, pour causer des erreurs sensibles dans les calculs où l'on en fait abstraction ; nous supposons, comme on le fait ordinairement, qu'elles se meuvent dans un milieu non résistant.

La comparaison des trois articles renvoie donc finalement l'impression d'un dialogue de sourds entre le point de vue du théoricien, défendu par D'Alembert dans BALISTIQUE et PROJECTILE, et celui d'un Le Blond dispensant, dans JET (*Art militaire*), les connaissances mathématiques utiles aux artilleurs. L'un pointe du doigt les écarts importants récemment révélés entre la théorie galiléenne et l'expérience là où le second s'en affranchit sans ciller. Que le jeu des renvois entre les trois entrées soit ou non délibéré (ce qui est ici le plus probable, quand on pense que l'article de Le Blond suit de très près l'article-passerelle JET *des bombes* de D'Alembert), l'image qui se dégage de l'ensemble colle cependant plutôt bien avec la réalité de la situation au milieu du XVIII^e siècle. La brèche, trop récemment ouverte par Robins, n'a pas encore porté ses fruits, et c'est donc de façon somme toute objective que D'Alembert conclut l'article PROJECTILE :

[...] il faut avouer franchement que la pratique a tiré jusqu'ici peu d'avantage de ces sublimes spéculations. Quelques expériences grossieres, & une pratique qui ne l'est guere moins, ont jusqu'à présent guidé les Artilleurs sur ce sujet.

Les articles d'hydraulique

Venons-en à présent au dernier champ d'application potentiel du problème de la résistance des fluides représenté dans notre corpus, celui de l'hydraulique, et commençons, pour ce faire, par nous pencher sur la signification que revêt ce terme dans l'*Encyclopédie*.

Dans l'article HYDRAULIQUE, presque entièrement repris de la *Cyclopaedia*, D'Alembert effectue trois compléments. Le premier, qui a précisément vocation à corriger la définition qu'en donne Chambers,

précise que « depuis quelques années » (c'est-à-dire 1738, date de parution de l'*Hydrodynamica* de Daniel Bernoulli) :

les Mathématiciens ont donné le nom d'*hydrodynamique* à la science générale des mouvemens des fluides, & ont réservé le nom d'*hydraulique*, pour celles qui regardent en particulier le mouvement des eaux, c'est-à-dire l'art de les conduire, de les élever, & de les ménager pour les différens besoins de la vie.

Le deuxième complète la liste des contributeurs au développement de l'hydrodynamique de la *Cyclopaedia* par les noms de Daniel Bernoulli, Jean Bernoulli et D'Alembert. Dans le troisième, le savant ajoute l'*Architecture hydraulique* de Bélidor à la bibliographie anglaise des ouvrages traitant des machines hydrauliques et signale qu'« on peut en voir l'extrait des différentes parties [...] dans l'*Histoire de l'académie des sciences* ». Quand on sait que le livre de Bélidor porte le titre complet d'*Architecture hydraulique, ou l'Art de conduire, d'élever et de ménager les eaux pour les différens besoins de la vie*, il apparaît donc que la définition dalembertienne de l'hydraulique y correspond mot pour mot.

L'hydraulique, telle que l'aborde Bélidor dans les quatre tomes de son ouvrage (parus entre 1737 et 1753) renferme cependant un très vaste éventail de sujets, parmi lesquels les problèmes d'ajutage et de dépense des eaux, les écluses, les digues, les moulins, les machines hydrauliques, les pistons, les soupapes, les pompes, les fontaines, les eaux jaillissantes pour la décoration des jardins, ou encore les fleuves, les rivières, les canaux et la façon de rendre les cours d'eau navigables. Nous remarquons que les articles de notre corpus relevant de ce domaine ne couvrent donc qu'une proportion très restreinte de ces questions.

La douzaine d'articles relevés peut être divisée en trois sous-ensembles : les articles de D'Alembert (AUBE et TUBE), ceux de d'Argenville (CONDUIRE LES EAUX, DÉPENSE, EFFORT *ou* RÉSISTANCE, ÉLÉVATION, ÉTRANGLEMENT, FROTTEMENT (*Hydraulique*), RÉSISTANCE *des eaux*, TUYAU, *Proportions des tuyaux*) ainsi que ceux corédigés par les deux encyclopédistes (DIGUE et JET *d'eau*). Nous avons déjà eu l'occasion d'aborder l'article FLEUVE de D'Alembert, dont la partie physique relève donc avant tout, d'après la définition précédente, de l'hydraulique. Outre ce premier élément, deux autres articles, signés de son seul nom, abordent le problème de la résistance.

Le premier, l'article AUBE, concerne les machines hydrauliques. Il laisse étrangement apparaître trois strates de texte successives : une définition signée (O), l'exposé, précédé d'une *, de quelques principes théoriques tirés des mémoires publiés par Pitot dans les volumes de l'Académie des sciences pour les années 1725 et 1729, ainsi qu'un

ensemble de commentaires de D'Alembert, à nouveau suivis de sa signature (O)⁴⁷. L'encyclopédiste fait part, à cette occasion, de ses doutes contre les principes exposés plus avant :

quand on a trouvé ainsi l'effort du fluide contre l'aube, il ne faut pas croire que la Physique ne doive altérer beaucoup ce calcul : 1°. les lois véritables de l'impulsion des fluides sont encore très-peu connues : 2°. quand une aile est suivie d'une autre, le fluide qui est entre deux n'agit pas librement sur celle des deux qui précède [...]. Toutes ces circonstances dérangent tellement ce calcul, d'ailleurs très-épineux sans cela même, que je crois qu'il n'y a que l'expérience seule qui soit capable de résoudre exactement le problème dont il s'agit.

Nous retrouvons, dans ces remarques, l'essentiel de la position déjà exprimée dans les articles FLEUVE, FLUIDE et RÉSISTANCE *des fluides* : le peu de fiabilité de théories incapables de prendre en compte les diverses spécificités physiques du problème étudié, à commencer par le phénomène de résistance des fluides lui-même trop mal connu, et, par là même, la nécessité d'avoir recours à l'expérience pour espérer parvenir à des règles mathématiques plus sûres.

Il en va pareillement de l'article TUBE, classé en physique, dans lequel D'Alembert, recopiant une large partie de l'article homonyme de Chambers, ajoute que :

ce ne sera tout-au-plus qu'après bien du tems & des expériences réitérées qu'on viendra à bout [...] de déterminer les lois du mouvement d'un fluide dans un *tube* de figure quelconque, & ayant égard à toutes les causes qui altèrent son mouvement, comme l'adhérence de ses parties, le frottement de ces parties contre le vase, &c.

Les dix autres articles d'hydraulique abordant le problème de la résistance des fluides sont tous signés ou cosignés par d'Argenville. Ils portent, à l'exception de l'article DIGUE, sur la question de la hauteur des réservoirs, des dimensions des conduites, de leurs ouvertures (en lien avec la question des ajutages) ainsi que du débit des eaux et de l'amplitude des jets qui s'en échappent. J'avais déjà eu l'occasion de noter que d'Argenville n'insère que très peu de renvois dans ses contributions : les liens entre elles sont rares, de même qu'avec les articles théoriques de D'Alembert dédiés à la résistance. L'analyse des sources que d'Argenville mobilise montre par ailleurs que plusieurs de ses articles, notamment DÉPENSE, ÉLÉVATION et TUYAU, *Proportion des tuyaux*, sont

47. Ce qui incite donc à penser que la partie précédée d'une * pourrait être le résultat d'une insertion par Diderot, dans le texte de son confrère, d'un extrait des mémoires de l'Académie des sciences de Paris, conformément à ses engagements (voir Irène Passeron, « Un traité entre Diderot et Le Breton », *RDE* 39, 2005, p. 179-182).

directement issus du *Traité d'hydraulique convenable aux jardins* qu'il publie en annexe de la quatrième édition de la *Théorie et la pratique du jardinage*⁴⁸ (1747) et dont un « Avis » anonyme placé en en-tête précise le public auquel l'auteur s'adresse ainsi que la nature des connaissances qu'il a souhaité y rassembler :

Qu'on ne lui [d'Argenville] reproche point de s'être écarté de la manière ordinaire d'écrire en Géométrie, & d'avoir évité l'usage des tables, des Sinus, Tangentes, Secantes, Logarithmes & des Démonstrations [...]. Comme il n'y a aucune démonstration dans ce qui concerne la Géométrie, il a cru, pour l'uniformité de méthode, n'en devoir point employer dans le *Traité d'Hydraulique*, mais seulement des pratiques fondées sur des preuves Géométriques, sur des principes sûrs, ou des expériences réitérées : persuadé qu'il est que cette science s'acquiert plus tôt par les expériences que par des démonstrations. D'ailleurs l'Auteur n'écrit point pour les Sçavans du premier ordre ; ses vues se bornent aux personnes qui aiment la campagne, aux Jardiniers & Fontainiers, plus souvent guidés par la pratique que par l'étude. L'Arithmétique vulgaire lui a semblé plus familière à tous les Lecteurs, aussi l'a-t-il préférée à l'Algèbre, en simplifiant les Formules de l'Hydraulique qui en sont tirées.

Le style de d'Argenville dans les dix articles relève de fait essentiellement d'un savoir-faire pratique. Dans les trois articles précédemment mentionnés, qui forment de loin la partie la plus technique de l'ensemble, l'encyclopédiste se contente de donner quelques principes d'expérience ainsi que des formules permettant, via l'utilisation d'opérations arithmétiques élémentaires (telles que le produit en croix), d'adapter des résultats empiriques tirés, bien qu'il ne soit pas cité, du *Traité du mouvement des eaux* de Mariotte (1686)⁴⁹.

Quant aux problèmes liés à la résistance des fluides, d'Argenville ne fait la plupart du temps que les mentionner. Ils concernent en particulier « le trop de frottement dans les conduites menues par rapport aux gros ajutages, & aux bords des petits ajutages par rapport aux grosses conduites » (TUYAU, *Proportion des tuyaux*), la résistance qu'oppose l'air à l'élévation des jets d'eau, ou le « frottement qui se fait contre les

48. Ce qui permet notamment de montrer que l'article TUYAU, *Proportion des tuyaux*, signé par le juriste Boucher d'Argis (A), est en fait de d'Argenville. Le contenu de cet article est constitué de différents extraits des pages 389 à 393 du *Traité d'hydraulique convenable aux jardins* ; celui des articles DÉPENSE et ÉLEVATION est respectivement issu des pages 364 à 368 et 359 à 362.

49. Si d'Argenville insère peu de renvois vers ses autres contributions, il réfère en revanche fréquemment le lecteur aux articles d'arithmétique dédiés aux opérations utilisées dans ses calculs, par exemple « RÈGLE DE TROIS » (qui n'existe pas dans l'*Encyclopédie*), RACINE QUARRÉE ou MOYENNE PROPORTIONNELLE.

parois d'un tuyau, surtout dans les coudes & jarrets des conduites tournantes » (FROTTEMENT). La teneur de ces remarques illustre l'écart qui sépare son approche de celle d'un ingénieur tel que Bélidor, dont l'*Architecture hydraulique* (1737-1753) connaîtra un succès durable auprès des hommes de l'art⁵⁰ – et qui n'hésite pas, quant à lui, à user du calcul différentiel et intégral dans ses calculs, quitte à en traduire ensuite les résultats sous une forme accessible aux praticiens. Il n'y a par exemple, pour s'en convaincre, qu'à examiner les quarante pages que l'ingénieur consacre, dans le quatrième livre, chapitre II, à la question de « l'action de l'eau dans les tuyaux de conduite », à la « nature des frottemens » qui en retardent la vitesse ainsi qu'à l'évaluation de ces retards. Il produit en particulier, à cette occasion, un compte rendu et commentaire détaillé des différentes expériences réalisées et rapportées par Couplet dans les volumes de l'Académie pour l'année 1732 sur « la mesure des eaux qui coulent dans les tuyaux de conduite »⁵¹. D'Argenville a d'ailleurs lui-même recours à l'*Architecture* de Bélidor dans le cadre de ses contributions à l'article MACHINES HYDRAULIQUES. Là encore cependant, sa préférence va clairement aux descriptions plutôt qu'aux longues analyses théoriques et techniques fournies par l'ingénieur.

Le style des articles de d'Argenville tranche enfin avec les compléments donnés par D'Alembert dans DIGUE et JET d'eau (de même que dans d'autres articles extérieurs à notre corpus, tels qu'AJUTAGE). C'est D'Alembert qui veille effectivement, comme dans l'article GOUVERNAIL, cosigné avec Bellin, à donner un état des lieux (avec ses doutes habituels) de la théorie sur ces deux problèmes pratiques. C'est encore à lui que l'on doit les informations apportées dans ce cadre sur la question de la résistance des fluides ou la référence académique au *Traité du mouvement des eaux* de Mariotte dans l'article JET d'eau.

Il semble d'ailleurs que l'abandon de sa fonction de coéditeur en 1758 ait eu un impact non négligeable sur la fréquence de ce type d'interventions dans les derniers volumes de l'*Encyclopédie* et, du même coup, sur les liens qui y sont tissés entre le problème de la résistance des fluides et les enjeux théoriques et pratiques de son application dans le domaine de l'hydraulique. Le contenu même des articles de d'Argenville, totalement déconnecté des aspects théoriques, contribue aussi à cet état de fait. Il est d'ailleurs probable que la résistance des fluides aurait pu être davantage représentée dans

50. Voir Antoine Picon, *L'invention de l'ingénieur moderne – L'École des Ponts et Chaussées 1747-1851*, Paris, Presses de l'école nationale des Ponts et chaussées, 1992, chap. 2.

51. Couplet, « Recherches sur le mouvement des eaux », *MARS année 1732* (1735), p. 113-168.

les articles d'hydraulique si l'encyclopédiste s'était, par exemple, plus amplement inspiré du contenu de l'*Architecture hydraulique* de Bélidor.

Conclusions

Le corpus d'articles traitant de la résistance des fluides dans l'*Encyclopédie* renvoie donc finalement l'image d'une césure assez franche entre théorie et applications pratiques. Celle-ci se manifeste sous différentes formes en fonction du domaine concerné. Il s'agit d'une contradiction explicite entre les articles de balistique de D'Alembert et l'article d'art militaire de Le Blond concernant la nécessité de prendre en compte l'effet de la résistance de l'air sur les trajectoires des projectiles. Nous avons plutôt affaire, en hydraulique, à la juxtaposition de deux approches radicalement opposées, et souvent sans lien entre elles, sur le problème de la résistance : celle de la théorie et celle du savoir-faire. En architecture navale, le silence de D'Alembert sur le sujet conduit à une approche exclusivement pratique de la construction des navires, totalement coupée de la question des applications potentielles du problème du solide de moindre résistance ou de toute autre considération d'ordre théorique : c'est le cas de l'article CONSTRUCTION de Bellin comme de l'article VAISSEAUX repris du *Dictionnaire historique, théorique et pratique de Marine* (1758) de Savérien.

Cette impression est amplifiée par le bilan qui se dégage de l'ensemble des apports de D'Alembert : un constat d'échec du point de vue de la capacité de la théorie et, par là-même, des mathématiques (y compris les plus sophistiquées), à venir à bout du problème de la résistance des fluides, constat devant lequel le savant n'entrevoit qu'une seule issue possible, le recours à de nouvelles expériences, et met en garde contre la tendance « à ériger trop légèrement des formules d'algèbre en vérités ou propositions physiques » (*Enc.*, VI, FLUIDE, 890b). Le pessimisme assumé de D'Alembert concernant l'utilité de la théorie dans le domaine pratique paraît d'ailleurs constituer une explication convaincante à l'absence d'articles consacrés au versant théorique de l'architecture navale – laquelle figure pourtant comme une branche des mathématiques mixtes dans le « Système figuré » de 1751.

L'*Encyclopédie* attire ainsi non seulement l'attention sur le statut problématique de la loi de résistance newtonienne, sur les doutes nourris à son endroit et sur les difficultés théoriques posées par la complexité du phénomène physique, mais illustre aussi les lignes de démarcation qui séparent hommes de science et hommes de l'art au milieu du xviii^e siècle pour les trois domaines concernés. Les difficultés de dialogue sont réelles

et, de ce point de vue, la coexistence de différentes approches et les liens tissés par le biais des renvois entre les différents articles du corpus permettent à l'*Encyclopédie* de s'en faire le témoin.

Il convient néanmoins de souligner que les contraintes inhérentes aux conditions de réalisation concrète de l'ouvrage contribuent aussi significativement à renforcer cette impression. C'est le cas de l'abandon par D'Alembert de sa charge de coéditeur, qui a des conséquences visibles sur les caractéristiques du corpus dans les derniers volumes : le savant recourt quasi systématiquement à la *Cyclopaedia* de Chambers et n'intervient plus dans les articles de Bellin et d'Argenville afin de pallier leur omission des dimensions théoriques des problèmes pratiques abordés. C'est aussi le cas, nous semble-t-il, du choix des auteurs sollicités par Diderot et D'Alembert pour traiter des questions relatives aux trois champs d'application potentiels du problème de la résistance des fluides. Aucun des trois contributeurs n'assure en effet ni la fonction d'ingénieur en hydraulique, ni celle de constructeur ou d'ingénieur constructeur, ou encore d'officier d'artillerie⁵². Bellin, ingénieur hydrographe, est spécialisé dans le domaine des cartes de marine. D'Argenville s'appuie sur son propre traité d'hydraulique appliqué au jardinage, exclusivement adressé à des artisans. Quant à Le Blond, son statut d'enseignant dans une école des Pages de la Grande Écurie du roi n'en fait guère un spécialiste de la pratique de l'artillerie et du jet des bombes.

De tels profils existaient cependant en France à cette époque dans le domaine de l'hydraulique et de l'architecture navale : nous pensons bien sûr à Bélidor et Duhamel du Monceau, dont l'*Architecture hydraulique* et les *Éléments de l'architecture navale*, pourtant ponctuellement utilisés dans certains articles, laissent à penser qu'ils auraient été en mesure d'offrir de meilleurs articles de pratique tout en renforçant les liens avec la théorie et la question de ses applications concrètes. Sur quels critères Bellin, d'Argenville et Le Blond ont-ils donc été recrutés et préférés à d'autres auteurs probablement plus à même de réhabiliter les arts et de contribuer à faire apparaître la chaîne qui les unit aux sciences dans le corpus étudié ? Il est vraisemblablement fort difficile de répondre à cette question. Reste que les critiques de Vial du Clairbois et de Louis Felix de Keralio (respectivement responsables des *Dictionnaires de Marine* et d'*Art militaire* de la future *Encyclopédie méthodique*) à l'encontre des contributions de Bellin et de Le Blond montrent que ces

52. Antoine Picon avait déjà eu l'occasion de remarquer que les ingénieurs « demeurent finalement assez rares » dans l'*Encyclopédie*. Voir son article « Gestes ouvriers, opérations et processus techniques. La vision du travail des encyclopédistes », *RDE* 13, 1992, p. 131-147.

derniers seront *a posteriori* considérés comme des hommes peu compétents dans les domaines qui leur ont été confiés⁵³.

Cette étude illustre, pour finir, la diversité des modes de rédaction, des sources et des processus de réappropriation textuels mobilisés par chacun des auteurs rencontrés. La mise au jour de certaines de ces particularités m'a souvent permis d'affiner mon analyse du contenu de chaque article, montrant ainsi, s'il en était encore besoin, qu'il ne paraît plus guère possible de faire l'économie d'une telle démarche pour l'étude d'un corpus extrait des volumes de texte de l'*Encyclopédie*.

Alexandre GUILBAUD

UPMC

Institut de mathématiques de Jussieu
(UMR 7586 du CNRS)

53. Dans la première version du prospectus de l'*Encyclopédie méthodique*, publiée dans le *Mercure de France* du 8 décembre 1781, Vial du Clairbois affirme que « les premiers Éditeurs de l'Encyclopédie ont été si mal servis pour l'objet de la Marine, que nous doutons d'y pouvoir trouver beaucoup d'articles à conserver » (p. 133-134). Dans la troisième version du prospectus, parue en en-tête du troisième tome du dictionnaire de *Mathématiques* de l'*Encyclopédie méthodique* (1789), Louis-Felix de Keralio affirme quant à lui que « La plupart des articles d'Art militaire, contenus dans la première édition de l'Encyclopédie, étant d'un Auteur qui avoit à peine entrevu la guerre & les troupes, ont été d'un foible secours pour la composition de cette partie » (p. xlj).